



Institut de Mathématiques  
et de Modélisation  
de Montpellier



EPICLIN 9, Montpellier, mai 2015

# Analyse longitudinale de la qualité de vie en cancérologie par modèles à équations structurelles et à effets aléatoires

M. Tami<sup>1</sup>, A. Barbieri<sup>1,2</sup>, X. Bry<sup>1</sup>, D. Azria<sup>2</sup>, S. Gourgou<sup>2</sup>, C. Mollevi<sup>2</sup>,  
C. Lavergne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier, Université de Montpellier

<sup>2</sup>Institut régional du Cancer de Montpellier - Val d'Aurelle

# Plan

- 1 Cadre et Problème : Analyse de la Qualité de Vie (QdV)
  - ▶ Données de QdV
  - ▶ Analyse classique de la QdV
  - ▶ Proposition d'une nouvelle approche en 2 étapes
- 2 Étape 1 : Analyse transversale
  - ▶ Modèles à Équations Structurelles (SEM)
  - ▶ Estimation du SEM via algorithme EM : reconstruction des facteurs
- 3 Étape 2 : Analyse longitudinale
  - ▶ Modèles linéaires mixtes
- 4 Application sur données de l'essai CO-HO-RT<sup>1</sup>
  - ▶ Présentation des données
  - ▶ Résultats
- 5 Conclusion et discussion

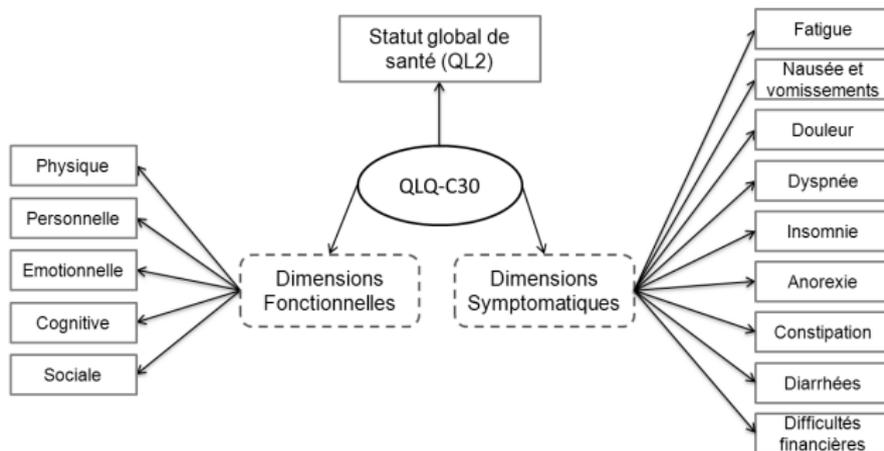
---

<sup>1</sup>Concomitant HOormono RadioTherapy

# Cadre et problème : analyse de la QdV

## Données de QdV

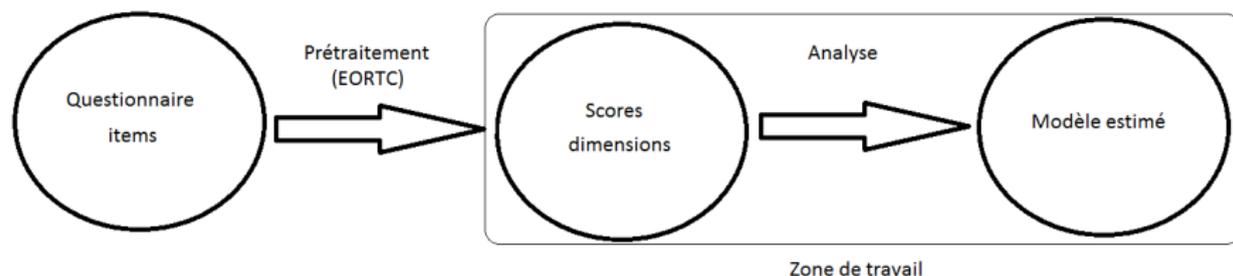
- **But** : Analyse de la QdV relative à la santé.
  - QdV non mesurable directement : multidimensionnelle, subjective, dynamique (change au cours du temps).
- ↪ Utilisation de questionnaire de QdV.



# Cadre et problème : analyse de la QdV

## Données de QdV

- Pour chaque visite  $v$  et  $n$  patients.



- Procédure de scoring par dimension :
  - ↪ Pour les dimensions fonctionnelles : un score élevé ↔ un haut niveau de QdV.
  - ↪ Pour les dimensions symptomatiques : un score élevé ↔ un faible niveau de QdV.

# Cadre et problème : analyse de la QdV

Analyse classique : longitudinale, multidimensionnelle

- Procédure classique :
  - ▶ Analyse longitudinale dimension par dimension de QdV.

⇒ **Nouvelle approche** : QL2 indicateur de la QdV globale.

- 1 **Résumer** les dimensions observées de QdV par la reconstruction d'un petit nombre de **facteurs** (latents) à chaque visite.
- 2 Réaliser une analyse longitudinale.

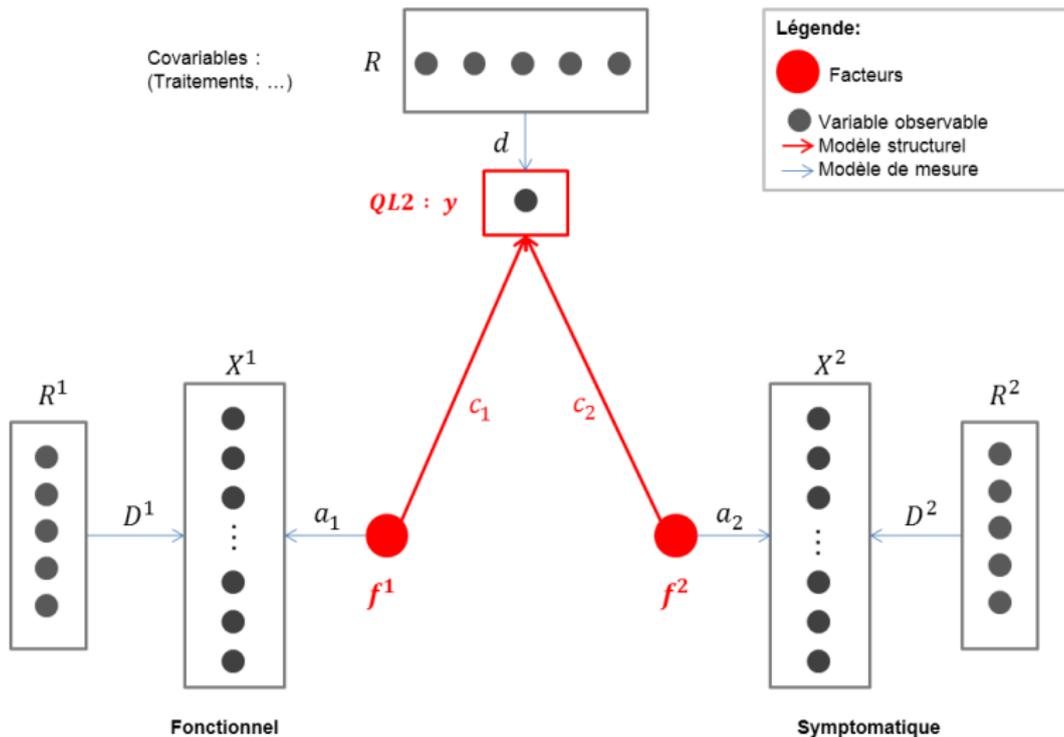
## Proposition d'une approches en deux étapes : protocole et outils

- Objectif : Modéliser le *statut global de santé (QL2)* par un facteur fonctionnel et un facteur symptomatique.

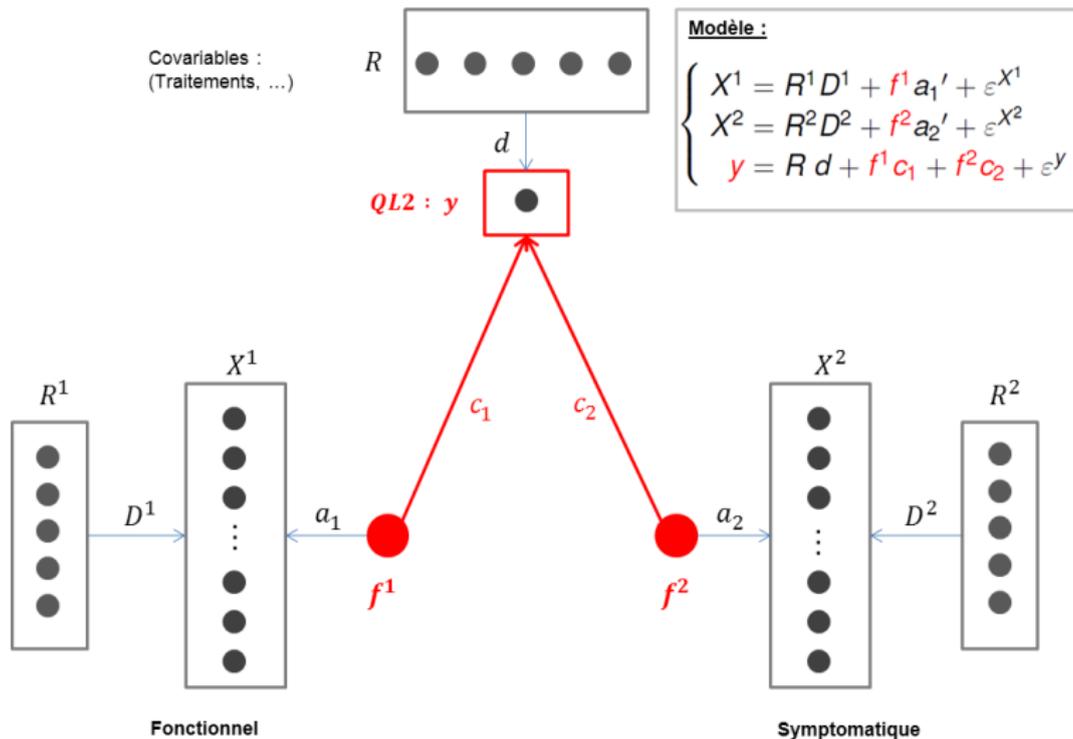
	Protocole	Outils
Étape 1	<b>Étude transversale</b> À chaque visite fixée : reconstruction de deux facteurs expliquant le QL2.	<b>SEM, facteurs</b> → 2 facteurs $f^1$ (resp. $f^2$ ) résumant les dimensions fonctionnelles (resp. symptomatiques).
Étape 2	<b>Étude longitudinale</b> Expliquer QL2 à partir des $f^1$ et $f^2$ reconstruits à chaque visite.	<b>LMM</b> fondé sur les facteurs $f^1, f^2$ plus covariables.

- **Avantage** : L'étude n'est plus faite dimension par dimension.

# SEM pour chaque visite



# Spécification du SEM



# Spécification du modèle à équations structurelles

$$\left\{ \begin{array}{l} X^1 = R^1 D^1 + f^1 a_1' + \varepsilon^{X^1} \\ X^2 = R^2 D^2 + f^2 a_2' + \varepsilon^{X^2} \end{array} \right\} \text{Modèle de mesure}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} y = R d + f^1 c_1 + f^2 c_2 + \varepsilon^y \end{array} \right\} \text{Modèle structurel}$$

## Hypothèses

Observations indépendantes et gaussiennes  $i \in \{1, \dots, n\}$

- **Modèle structurel :**

- ▶  $f^p \sim \mathcal{N}(0, Id_n)$ ,  $p \in \{1, 2\}$  nombre de facteurs explicatifs.
- ▶  $f^1, f^2$  mutuellement indépendants.

- **Modèle de mesure :**

- ▶  $\varepsilon_i^y \sim \mathcal{N}(0, \sigma_y^2)$  ;  $\varepsilon_i^{X^p} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_p^2 Id_{q_p})$
- ▶  $q_p$  le nombre de variable de  $X^p$ .

## Le modèle pour chacune des visites

$$\begin{cases} X^1 = R^1 D^1 + f^1 a_1' + \varepsilon^{X^1} \\ X^2 = R^2 D^2 + f^2 a_2' + \varepsilon^{X^2} \\ y = R d + f^1 c_1 + f^2 c_2 + \varepsilon^y \end{cases}$$

- Objectifs à chaque visite :

- ▶ **Estimation des paramètres**

$$\theta = \{d, D^1, D^2, a_1, a_2, c_1, c_2, \sigma_y^2, \sigma_1^2, \sigma_2^2\}$$

- ▶ **Reconstruction des facteurs**  $f^1$  et  $f^2$  par patient résumant chacun des blocs de variables fonctionnelles ( $X^1$ ) et symptomatiques ( $X^2$ ).

↪ Outils : l'algorithme EM (Dempster et al., 1977 ; Bry X., Lavergne C., Tami M. 2015, EM estimation of a Structural Equation Model).

- ▶ Obtention des estimations pour chaque visite des :

- ★ paramètres  $\theta$ .

- ★ facteurs  $(\tilde{f}_{iV}^1)_{V=1, \dots, 8}$ ,  $(\tilde{f}_{iV}^2)_{V=1, \dots, 8}$  (séries longitudinales).

# Approche longitudinale

- Outils : Modèle linéaire mixte (LMM)
- Avantage :
  - ▶ Prendre en compte la variabilité induite par les données répétées dans le temps pour un même patient.
  - ▶ Quantifier la part d'information apportée par les variables explicatives.

$$y_{iv} = \alpha + \underbrace{\mathbf{x}'_{iv}\beta}_{\text{partie fixe}(\tilde{f}_{iv}^p + \text{covariables})} + \underbrace{\mathbf{u}'_i\xi_j}_{\text{partie aleatoire}(\text{individu, intercept, visite})} + \varepsilon_{iv}$$

## Hypothèses

- ▶  $\varepsilon_{iv} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$ , indépendants des facteurs ;
- ▶  $\xi_j \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \Sigma)$

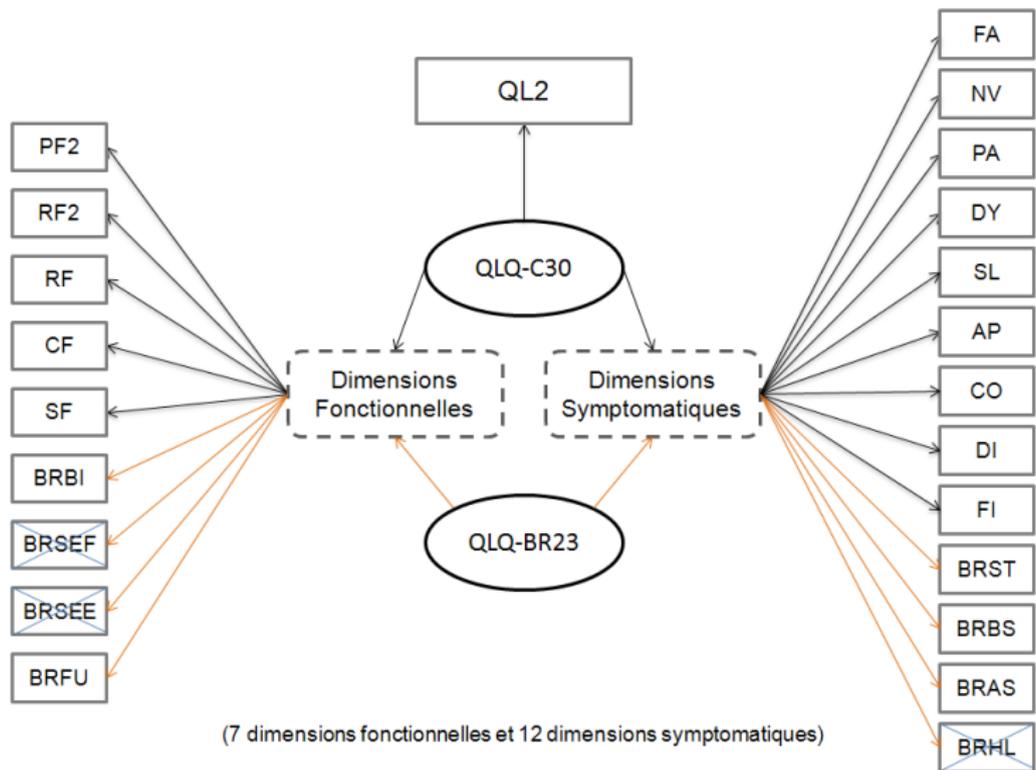
## Essai CO-HO-RT

- Étude de phase 2 randomisée évaluant les toxicités cutanées d'un traitement par radiothérapie-létrozole concomitant ou radiothérapie suivie par létrozole en situation adjuvante de cancer du sein.
- Nombre d'observations par visites (questionnaires entièrement remplis) pour un total de 121 patientes restantes :

Visite $v$ (mois)	0	3	6	12	15	18	21	24
$n_v$	113	106	102	100	102	84	91	90

- Données issues des questionnaires QLQ-C30 et QLQ-BR23.

# Les données



## Étape 1 : résultats

### ● Influence du traitement par visite

- ▶ Corrélation entre  $\tilde{f}_R^p$  avec la covariable traitement (abscisse) et  $\tilde{f}^p$  sans la covariable (ordonnée) ( $p = 1, 2$ ) aux 8 visites.

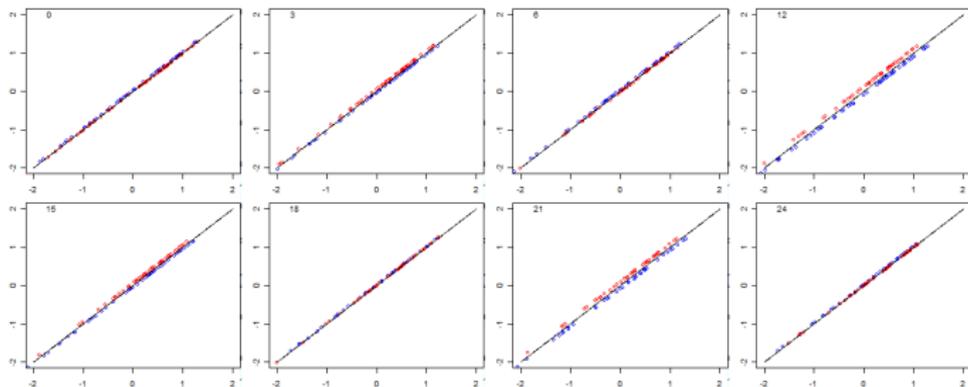


Figure : Corrélations entre  $\tilde{f}_R^1$  et  $\tilde{f}^1$  pour 73 patientes traitées par "radiothérapie-létrozole concomitant" et 70 par "radiothérapie suivie par létrozole".

- ▶ Pour certaines visites il y a une légère influence du traitement.

## Étape 2 : analyse longitudinale

- Après une procédure de choix de modèle au sens du BIC, on conserve le modèle :

$$y_{iv} = \alpha + \beta_1 \tilde{f}_{iv}^1 + \beta_2 \tilde{f}_{iv}^2 + \xi_i + \varepsilon_{iv}$$

- Prise en compte des facteurs reconstruits sans covariable de traitement.

## Étape 2 : analyse longitudinale

$$y_{iv} = \alpha + \beta_1 \tilde{f}_{iv}^1 + \beta_2 \tilde{f}_{iv}^2 + \xi_i + \varepsilon_{iv}$$

- Part d'information portée par les différents éléments du modèle :

	Complet	Sans $\tilde{f}_{iv}^2$	Sans $\tilde{f}_{iv}^1$	Sans $\xi_i$	Sans $(\tilde{f}_{iv}^1, \tilde{f}_{iv}^2)$
BIC	6440.4	6481.6	6516.2	6568.2	6823.0
Différence		41.2	75.8	127.8	382.7

- ▶ Le facteur fonctionnel ( $\tilde{f}_{iv}^1$ ) apporte environ deux fois plus d'information que le facteur symptomatique ( $\tilde{f}_{iv}^2$ ).
- ▶ La part individuelle du modèle ( $\xi_i$ ) apporte de l'information pour expliquer la variable réponse (QL2).
- ▶ Attention : les facteurs sont fortement corrélés (-0.8)  $\Rightarrow$  leur présence dans le modèle a du sens.

## Conclusion de l'application

- Effet de la covariable "Traitement" :
  - ▶ L'information issue de cette covariable portée par les facteurs est faible pour chaque visite.
  - ↪ Pour certaines visites : un groupe traité a une légère meilleure QdV mais ça se compense durant les visites (SEM).
    - ▶ Pas d'effet du traitement (LMM).
- Éléments influençant QL2 :
  - ▶ Le facteur associé aux dimensions fonctionnelles est deux plus porteur d'information que celui lié aux symptômes.
  - ▶ La variabilité individuelle explique le QL2 **mais** la présence des facteurs est importante.

## Conclusion et discussion

- But : analyser la QdV de manière globale et non spécifique (dimension par dimension).
  - Approche en 2 étapes :
    - ▶ Éviter les tests multiples : résumer l'information des différentes dimensions de QdV via des facteurs (SEM).
    - ▶ Évaluation de l'impact de covariable par visite (SEM) et au cours du temps (LMM).
    - ▶ Évaluer l'impact des différents facteurs sur la QdV globale (représentée par le QL2) (LMM).
    - ▶ Évaluer l'apport d'information individuelle expliquant la QdV globale (LMM).
  - Ouverture :
    - ▶ L'hypothèse d'indépendance entre les facteurs est forte.
- ↪ Supposer un lien entre les deux facteurs ?

MERCI À TOUS POUR VOTRE ATTENTION

# Bibliographie

- [1] **Kenneth A. Bollen (1989)**, *Structural Equations With Latent Variables*.
- [2] Rivera, P. et Satorra, A. (2002), *Latent Variable and Latent Structure Models*, Marcoulides, G. et Moustaki, I., New Jersey, 85–102.
- [3] Jakobowicz, E. (2007), *Contributions aux modèles d'équations structurelles à variables latentes*, Thèse, Paris, 81–99.
- [4] Bacher, F. (1987), *Les modèles structuraux en psychologie présentation d'un modèle : LISREL, Le travail humain*, 347–370.
- [5] Jöreskog, K. (1970), *A general method for analysis of covariance structure*, *Biometrika*.
- [6] Fox, J. (2002), *Structural Equation Models*,  
<http://cran.r-project.org/doc/contrib/Fox-Companion/appendix-sems.pdf>.
- [7] Esposito Vinzi, V. et Trinchera, L. (2008), *Modèles à équations structurelles, approches basée sur les composantes*, URL : [http://www.academia.edu/390381/Modeles\\_a\\_equations\\_structurelles\\_approches\\_basees\\_sur\\_les\\_composantes](http://www.academia.edu/390381/Modeles_a_equations_structurelles_approches_basees_sur_les_composantes), Naples.
- [8] Stan, V. et Saporta, G. (2006), *Une comparaison expérimentale entre les approches PLS et LISREL*, Paris.
- [9] Saidane, M. (2006), *Modèles à facteurs conditionnellement hétéroscédastiques et à structure markovienne cachée pour les séries financières*, Thèse, Montpellier.
- [10] **Foulley, J-L. (2002)**, *Algorithme EM : Theorie et application au modèle mixte*, *Journal de la Société Française de Statistique*, Jouyen-Josas.
- [11] **Fayers PM, Aaronson NK., Bjordal K., Groenvold M., Curran D., Bottomley A. (2001)**, on behalf of the EORTC Quality of Life Group. *EORTC QLQ-C30 Scoring Manual (3rd edition)*. Brussels: EORTC, 2001. ISBN: 2-9300 64-22-6.
- [12] CC. Huang, HH. Lien, SH. Tu, CS. Huang, JY. Jeng, HL. Chao, HL. Sun, et WC. Chie (2010), *Quality of life in Taiwanese breast cancer survivors with breast-conserving therapy*. *Journal of the Formosan Medical Association*, vol. 109, pp. 493–502.
- [13] Lei, P-W. et Wu, Q. (2007), *Introduction to Structural Equation Modeling : Issues and Practical Considerations*. *Educational Measurement : Issues and Practice*, vol. 26, pp. 33–43.

# Algorithme EM (Dempster et al., 1977)

- Principe
  - ▶ **Maximiser l'espérance de la log-vraisemblance** des données observées  $z = (y, X^1, X^2)$  **complétée** des facteurs  $h = (f^1, f^2)$ .
- Algorithme EM, à chaque itération [s] :
  - ▶ Étape E : "*Expectation*"

$$\mathbb{E}_z^h [\mathcal{L}(\theta; z, h)]$$

- ▶ Étape M : "*Maximization*"  
Maximisation de l'espérance conditionnelle

$$\theta^{[s+1]} = \operatorname{argmax}_{\theta} \mathbb{E}_z^h [\mathcal{L}(\theta; z, h)]$$

- Obtention des estimations pour chaque visite des :
  - ▶ paramètres  $\theta$ .
  - ▶ facteurs  $(\tilde{f}_{iV}^1)_{v=1, \dots, 8}, (\tilde{f}_{iV}^2)_{v=1, \dots, 8}$  (séries longitudinales).

# La log vraisemblance complétée

- Notations

- ▶  $\theta \in \Theta$  : paramètres
- ▶  $z = (y, X^1, X^2)$  : les variables observées
- ▶  $h = (f^1, f^2)$  : facteurs : variables latentes
- ▶  $p(z, h; \theta)$  fonction de densité ( $p(z, h; \theta) = p(z|h; \theta) p(h; \theta)$ )

- La log vraisemblance complétée à maximiser:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\theta; z, h) = & -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \{q_Y \ln(\sigma_Y^2) + q_1 \ln(\sigma_{X^1}^2) + q_2 \ln(\sigma_{X^2}^2) \\ & + \sigma_y^{-2} (y_i - t_i d - f_i^1 c_1 - f_i^2 c_2)^2 \\ & + \sigma_1^{-2} (x_i^1 - T_i^1 D^1 - f_i^1 a_1)' (x_i^1 - T_i^1 D^1 - f_i^1 a_1) \\ & + \sigma_2^{-2} (x_i^2 - T_i^2 D^2 - f_i^2 a_2)' (x_i^2 - T_i^2 D^2 - f_i^2 a_2) \\ & + (f_i^1)^2 + (f_i^2)^2\} + cte \end{aligned}$$

# Algorithme

- 1 Choix de  $\theta^{[0]}$   
Pour tout itération  $[it]$ ,
- 2 **Étape E** : avec la valeur courante  $\theta^{[it]}$ ,  
→ Calcul de la distribution  $h|z$ .  
→ **Reconstruction des facteurs**,  $\forall p$  via  $\tilde{g} = \mathbb{E}_z^h[g]$ ,  $\tilde{f}^p = \mathbb{E}_z^h[f^p]$ .  
→ Calcul des  $\tilde{\gamma} = \mathbb{E}_z^h[g^2]$ ,  $\tilde{\phi}^r = \mathbb{E}_z^h[(f^p)^2]$ .
- 3 **Étape M** : **on actualise**  $\theta^{[it+1]}$  en injectant les  $\tilde{g}$ ,  $\tilde{f}^p$ ,  $\tilde{\gamma}$ ,  $\tilde{\phi}^p$  dans les formules solutions de

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \mathbb{E}_z^h[\mathcal{L}(\theta; z, h)] = 0 \quad (1)$$

On repasse alors à l'étape E puis M, et ainsi de suite.

## Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :
  - 1 *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .
  - 2 *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .
  - 3 *Indice des items*:  $j$ .

## Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

# Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

- ↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

- ↪ Chaque dim comporte  $M \in \llbracket 2, 7 \rrbracket$  modalités de réponses (pour tous ses items  $j$ )

# Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

- ↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

- ↪ Chaque dim comporte  $M \in \llbracket 2, 7 \rrbracket$  modalités de réponses (pour tous ses items  $j$ )

- Exemple : dim "symptôme de douleur"

Durant la semaine dernière	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
9. Have you had pain ?	1	2	3	4
19. Did pain interfere with your daily activities ?	1	2	3	4

↪ 2 items  $j = 9, 19$

# Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

↪ Chaque dim comporte  $M \in \llbracket 2, 7 \rrbracket$  modalités de réponses (pour tous ses items  $j$ )

- Exemple : dim "symptôme de douleur"

Durant la semaine dernière	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
9. Have you had pain ?	1	2	3	4
19. Did pain interfere with your daily activities ?	1	2	3	4

↪ 2 items  $j = 9, 19$

↪ 4 modalités :  $M = 4$

# Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

↪ Chaque dim comporte  $M \in \llbracket 2, 7 \rrbracket$  modalités de réponses (pour tous ses items  $j$ )

- Exemple : dim "symptôme de douleur"

Durant la semaine dernière	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
9. Have you had pain ?	1	2	3	4
19. Did pain interfere with your daily activities ?	1	2	3	4

↪ 2 items  $j = 9, 19$

↪ 4 modalités :  $M = 4$

- Données observées :  $\tilde{y}^j \in \{1, 2, \dots, M\}$  catégorielles.

# Les données de QdV

- Trois niveaux d'indice :

- ① *Indice des individus*:  $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$  à visite fixée, où  $n \in \llbracket 100, 500 \rrbracket$ .

- ② *Indice des visites*:  $v \in \llbracket 1, V \rrbracket$ , où  $V \in \llbracket 1, 8 \rrbracket$ .

- ③ *Indice des items*:  $j$ .

- ↪ Regroupés en dimensions (dim) comportant  $J \in \llbracket 1, 5 \rrbracket$  items.

- ↪ Chaque dim comporte  $M \in \llbracket 2, 7 \rrbracket$  modalités de réponses (pour tous ses items  $j$ )

- Exemple : dim "symptôme de douleur"

Durant la semaine dernière	Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
9. Have you had pain ?	1	2	3	4
19. Did pain interfere with your daily activities ?	1	2	3	4

- ↪ 2 items  $j = 9, 19$

- ↪ 4 modalités :  $M = 4$

- Données observées :  $\tilde{y}^j \in \{1, 2, \dots, M\}$  catégorielles.

- ↪ qu'on ordonne et note  $\tilde{y}^{(j)}$

## Traitement des données : Procédure de scoring (EORTC)

- Pour chaque dim, à partir des  $J$  données observées  $(\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)})$   
→ un score  $S$  est associé noté  $y_{iv}$

$S : (\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)}) \rightsquigarrow y_{iv}$  tel que,

$$y_{iv} = \begin{cases} \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)})^{-1}}{M-1} \times 100 & , \text{ pour les dim symptomatiques} \\ \left(1 - \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)})^{-1}}{M-1}\right) \times 100 & , \text{ pour les dim fonctionnelles} \end{cases}$$

## Traitement des données : Procédure de scoring (EORTC)

- Pour chaque dim, à partir des  $J$  données observées  $(\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)})$   
→ un score  $S$  est associé noté  $y_{iv}$

$S : (\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)}) \rightsquigarrow y_{iv}$  tel que,

$$y_{iv} = \begin{cases} \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)})^{-1}}{M-1} \times 100 & , \text{ pour les dim symptomatiques} \\ \left(1 - \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)})^{-1}}{M-1}\right) \times 100 & , \text{ pour les dim fonctionnelles} \end{cases}$$

- Interprétation:
  - Pour les dim fonctionnelles : un score élevé représentera un haut niveau de QdV.
  - Pour les dim symptomatiques : un score faible représentera un haut niveau de QdV.

## Traitement des données : Procédure de scoring (EORTC)

- Pour chaque dim, à partir des  $J$  données observées  $(\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)})$   
→ un score  $S$  est associé noté  $y_{iv}$

$S : (\tilde{y}_{iv}^{(1)}, \dots, \tilde{y}_{iv}^{(J)}) \rightsquigarrow y_{iv}$  tel que,

$$y_{iv} = \begin{cases} \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)}) - 1}{M-1} \times 100 & , \text{ pour les dim symptomatiques} \\ \left( 1 - \frac{(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \tilde{y}_{iv}^{(j)}) - 1}{M-1} \right) \times 100 & , \text{ pour les dim fonctionnelles} \end{cases}$$

- Interprétation:

- Pour les dim fonctionnelles : un score élevé représentera un haut niveau de QdV.
- Pour les dim symptomatiques : un score faible représentera un haut niveau de QdV.

⇒ Données traitées utilisées :  $y_{iv}$  (les scores).